

## ГЛАВА 4. САМЫЕ ПРОСТЫЕ РАСТЕНИЯ — ВОДОРОСЛИ

Царство растений. Низшие растения — водоросли: отделы зеленых, золотистых, бурых, диатомовых и красных водорослей

### Царство растений

С основными чертами обширного царства растений вы уже познакомились в краткой характеристике истинноядерных организмов — эукариот. Напомним лишь, что растения — фотоавтотрофы, синтезирующие органику из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  с выделением свободного кислорода (этот процесс носит название фотосинтеза). В цитоплазме фотосинтезирующих клеток растений имеются зеленые тельца — хлоропласты, по-видимому, потомки сине-зеленых бактерий, потерявшие синий пигмент. В них и происходит связывание углекислого газа и световое расщепление воды. У низших растений фотосинтезирующие органы клетки могут иметь разную форму (звездчатые, лентовидные, чашевидные) и красный, бурый или золотисто-желтый цвета. Их уже не совсем точно называют зелеными тельцами (*хлоропластами*). Более распространено название *хроматофор* (носитель окраски).

Во всех группах растений, от самых низших до высших, цветковых встречаются представители, у которых хроматофоры, а значит, и способность к фотосинтезу утеряны. Такие растения становятся сапрофитами, как грибы, или паразитами других растений. Но паразитические и сапрофитные растения все же относительно редкое исключение.

Подавляющее большинство из них выполняют две важнейшие роли: снабжают земную атмосферу кислородом и поставляют основной запас органики для питания животных. Из ископаемых растений возникают каменный уголь, нефть, часть природного газа. Все мы, образно говоря, солнечные машины — нас приводит в действие энергия Солнца, а растения выполняют роль приводного ремня.

### НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ — ВОДОРОСЛИ

Это название не очень удачно: в воде растут и высшие растения, вроде кувшинки (водяной лилии), а многие одноклеточные водоросли растут и на суше (обычно во влажных местах, например образуя зеленый налет под водосточной трубой или на северной стороне древесных стволов). Но они встречаются на почве и в пустынях и даже окрашивают тающий снег в горах в красный («кровавый снег») или зеленый цвет.

Среди около 40 тыс. ныне известных видов водорослей имеются и одноклеточные, часто подвижные, с одним, двумя или более жгутиками. Другие образуют скопления клеток — колонии в виде шариков, пластинок, нитей или кустиков. У самых сложных организм имеет вид большой ленты или покрывала, нередко хитрым образом расчлененного. Но водоросли

никогда не образуют корней для всасывания воды и солей (это они делают всей поверхностью). Нет у них стеблей и листьев и, конечно, цветов. Такое просто устроенное тело многоклеточных водорослей называется *слоевищем* или *талломом*. Некоторые водоросли имеют неклеточное строение, т. е. состоят из одной чудовищно разросшейся клетки.

Размножаются они разными способами: одноклеточные — делением клетки, колониальные — распадом колоний, многоклеточные — кусочками разрывающегося слоевища, а также спорами, как грибы: подвижными зооспорами, имеющими жгутики, и неподвижными, разносимыми водой.

Есть у них и половой процесс, причем встречаются столь же разные стадии его, как и у грибов: *изогамия* (половые клетки одинаковы), *гетерогамия* (половые клетки разные) и *оогамия* (неподвижную яйцеклетку оплодотворяет подвижная мужская). Иногда гаметы не образуются, а просто сливаются две клетки; такой процесс называется *конъюгацией* (соединением).

Клетки водорослей, как и прочих эукариот, могут находиться в *гаплофазе* (один генетический аппарат) и *диплофазе* (два генетических аппарата — от мужской и женской гамет). Продолжительность этих фаз, как и у грибов, у разных водорослей разная.

Короче, водоросли настолько разнообразны, что среди ботаников распространяется убеждение, что эта группа придумана для удобства и в нее включены несколько самостоятельных ветвей (разделов), друг другу не так уж близко родственных и по рангу соответствующих отдельным царствам.

Мы рассмотрим здесь лишь пять разделов и начнем с наиболее близкого к высшим растениям — зеленых водорослей. Полагают, что какие-то древние многоклеточные зеленые водоросли в свое время вышли на сушу и положили начало всему растительному миру, окружающему нас в лесах и на полях.

## **ОТДЕЛ ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ**

Основной признак представителей этого отдела отражен в названии. В их хроматофорах те же пигменты, что и у высших растений, — *хлорофиллы а* и *в* и *каротиноиды*, вроде тех, которые окрашивают корень моркови. Желтых пигментов — ксантофиллов мало, и они не маскируют зеленый цвет хлорофиллов. В этой группе можно найти и одноклеточные формы, подвижные, снабженные жгутиками, и неподвижные, образующие колонии в виде нитей и кустиков, и многоклеточные, образующие порой сложно разветвленные слоевища, внешне похожие на кусты высших растений. Встречаются у них и неклеточные представители, т. е. состоящие из одной огромной клетки. У зеленых водорослей найдены все типы половых клеток — изо-, гетеро- и оогамия.

Из этой огромной группы (13—20 тыс. видов) рассмотрим лишь немногих представителей. Примером подвижных одноклеточных водорослей могут служить *хламидомонады* (главный род *Chlamidomonas*, что означает «подвижное мелкое тельце в оболочке»). Они в изобилии размножаются в мелких, загрязненных водоемах, порой окрашивая их в ярко-зеленый

цвет. Обычно это микроскопические, в среднем 10 мкм, округлые клетки с хорошо заметной оболочкой и двумя или четырьмя жгутиками равной длины. Размножаются они зооспорами, половой процесс — изогамия, большую часть жизни занимает гаплофаза.

Многие зеленые водоросли образуют колонии, причем исследование этих колоний показывает, как могли возникнуть многоклеточные организмы из одноклеточных (рис. 25). Например, колония рода *Gonium* состоит из 16 клеток, расположенных в один слой в общей пластинке слизи. Все 32 их жгутика работают согласованно, так что колония как бы летит в воде, словно ковер-самолет, по направлению к источнику света. Представители других родов — *Pandorina* и *Eudorina* имеют 16—32-клеточные колонии, устроенные иначе. У них клетки располагаются в округлом комочке слизи, образуя шаровидную структуру.

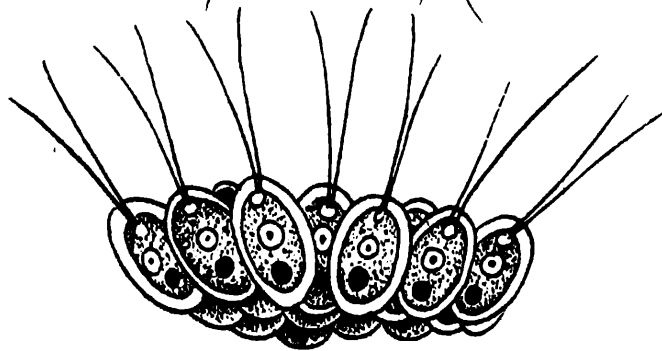
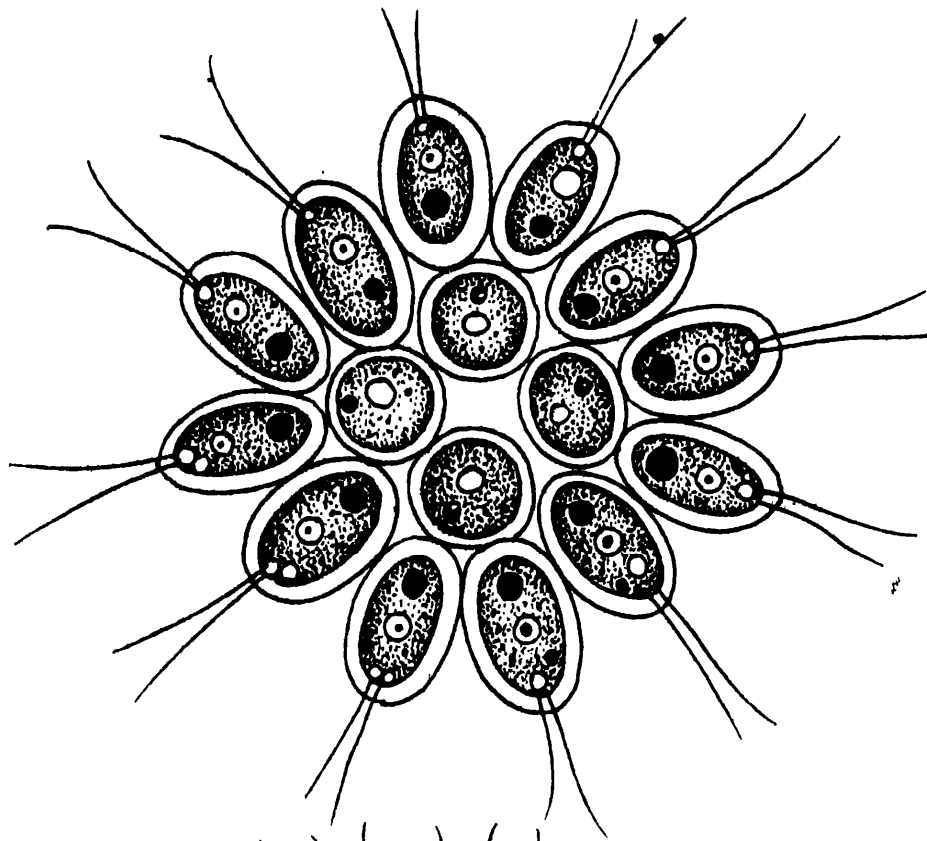
Дальнейшее увеличение колонии уже невыгодно, так как клетки внутри нее оказываются лишенными света и обмена с окружающей их водой. Остался выход — всем клеткам расположиться на периферии колонии. Так устроен вольвокс — заполненный слизью шарик из множества (до 50 тыс.) двужгутиковых клеток. Эта крупная (2 мм) колония, согласно работая жгутиками, плывет в воде вращаясь, как бы подставляя все части своей поверхности под яркий свет.

Шарик вольвокса не всегда бывает заполненным только слизью. Некоторые более крупные клетки наружного слоя уходят внутрь колонии, образуя там молодые, дочерние колонии. Освободиться те могут лишь после гибели материнской, когда она разрывается. Поэтому биологи полшутя говорят, что вольвокс — первый организм, придумавший естественную смерть. Ведь одноклеточные организмы могут погибнуть от неблагоприятных условий, но фактически не умирают. При делении их старая клетка образует две новые, и колонии гониума и эвдорин, разрываясь, дают начало новым. Но лишь у вольвокса мы можем увидеть самый настоящий труп.

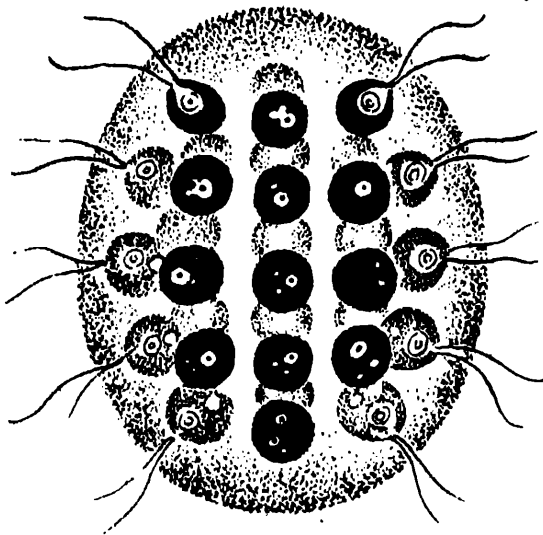
Половой процесс у вольвокса — уже настоящая оогамия: неподвижная яйцеклетка оплодотворяется подвижной мужской и образуется диплоидная ооспора, в стадии покоя переживающая высушивание или промерзание водоема.

Многие зеленые водоросли утратили жгутики, а значит, и подвижность. Таковы протококковые, пассивно плавающие в воде или образующие зеленый налет на дне водоемов, на влажной почве и тающем снегу. Жгутики у них имеются лишь на стадии зооспор. Из них наиболее известна хлорелла (рис. 26). Ее шарообразные клетки (около 15 мкм) размножаются порой во множестве в самых разнообразных условиях. В нашем веке ее пытались приспособить для культурного выращивания в особых бассейнах (она дает урожай до 40 г сухой массы, на 50—60% состоящей из белка, на 1 м<sup>2</sup> в сутки).

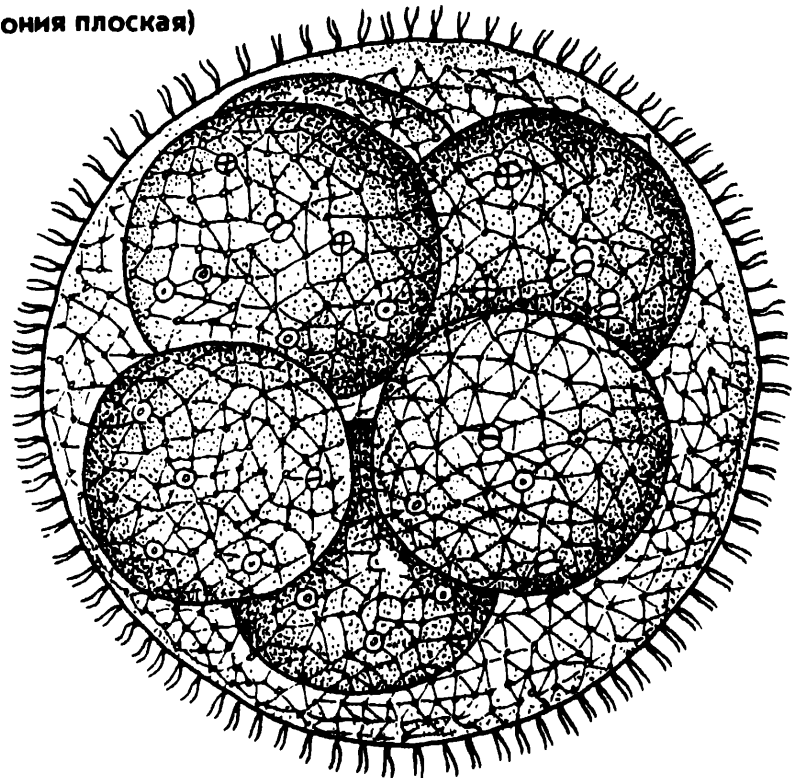
Протококковые часто образуют колонии в виде нежных сеточек до 1 м длиной («водяная сеточка»), нитей, пластинок и кустиков. Из других зеленых водорослей хорошо известны ярко-зеленые пластинчатые слоевища ульвы («морской салат»), растущие на мелководье теплых морей. Их употребляют в пищу.



**Гониум (колония плоская)**



**Пандорина (колония округлая)**



**Вольвокс**

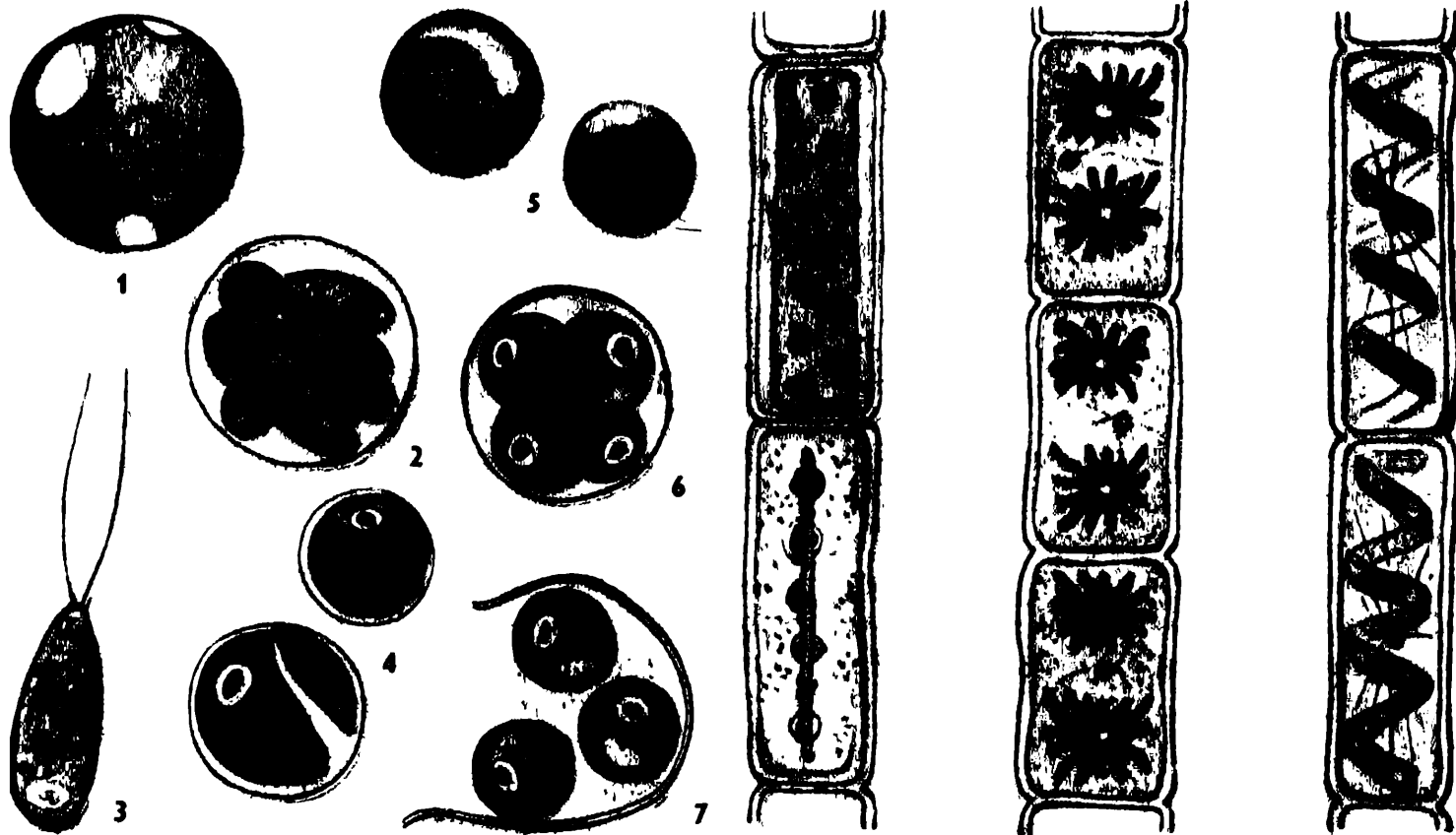


Рис. 26. Зеленые водоросли:

1—4 — хлорококкум (соответственно взрослая клетка, образование спор и двужгутиковая зооспора, делящийся хлорококкум); 5—7 — хлорелла и образование у нее спор

Все вы, наверное, видели длинные нитчатые колонии спирогиры, образующие зеленые «подушки» в пресноводных водоемах. Их обычно называют тиной. Хлоропласт у них устроен по-разному, часто в виде ленты, закрученной спиралью по стенке. Половой процесс у спирогиры — конъюгация. Специальных половых клеток не возникает, диплофазу образуют обычные сливающиеся клетки, в результате получается покрытая толстой оболочкой зигота.

По своеобразному пути пошли зеленые водоросли из класса сифоновых. Их крупное, порой в десятки сантиметров, и сложно устроенное слоевище представляет собой одну гигантскую клетку. В основном это обитатели морей, образующие заросли на мелководье (рис. 27).

Наиболее сложно устроено слоевище у харовых водорослей, которых иногда отделяют от зеленых в самостоятельный отдел. Внешне они похожи на высшие растения со стеблем и листьями. На их ложных корнях — *ризоидах* часто образуются богатые крахмалом клубеньки. Длина слоевища может достигать 2 м. Сходство это, по-видимому, не только внешнее. Полагают, что высшие наземные растения происходят от каких-то предков харовых, десантировавших на сушу. Харовые растут в пресноводных водоемах, причем любят жесткую, с избытком кальция воду, но встречаются и в солоноватых водах. Их много росло на дне Аральского моря до его гибели.

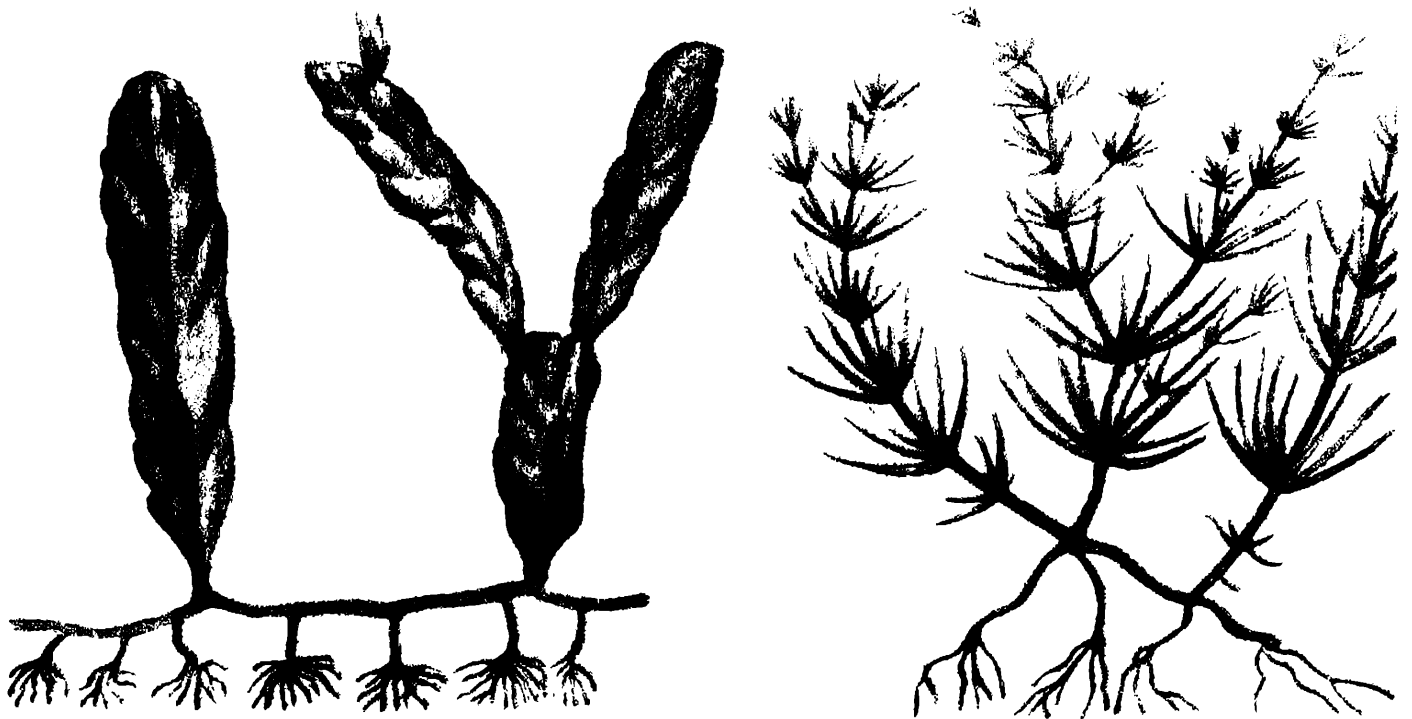


Рис. 27 Два пути усложнения слоевища у водорослей:  
*слева* — на уровне одной клетки (водоросль каулерия); *справа* — сложное многоклеточное слоевище (хара)

В особый отдел выделяют также эвгленовых, хотя фотосинтезирующие пигменты — хлорофиллы у них такие же, что и у зеленых. Наиболее известный представитель — эвглена зеленая, от массового размножения которой порой зеленеет вода в канавах и лужах. Это микроскопические организмы (до 500 мкм), у большинства из них имеется на переднем конце вытянутого тела один (редко два) длинный жгутик. Работая им, эвглена быстро плывет, вращаясь вокруг своей оси, как бы ввинчиваясь в воду.

Хлоропласты у эвглен имеют форму пластинок, лент или звездочек. В них синтезируется не обычный растительный крахмал, а особый углевод — парамилон. Он похож на животный крахмал — гликоген и не синее от иода.

Некоторые черты строения эвгленовых наводят на вопрос: водоросли ли это? У них имеется на переднем конце тела углубление («глотка») с расширением на конус — резервуаром. Через него удаляется из клетки лишняя вода с продуктами диссимиляции. Жгутик как раз прикреплен ко дну резервуара.

Эвгленовые легко теряют свои хлоропласты и становятся бесцветными. Такие формы переходят на питание растворенной в воде органикой и даже захватывают и переваривают крупные пищевые частицы, например бактерий и других микроорганизмов. Возможно, этот странный раздел водорослей действительно ближе к животным. Это одноклеточные животные, когда-то перешедшие на растительный тип питания. Сближение их с зелеными водорослями — прием условный.

Три следующих отдела водорослей (золотистых, бурых и диатомовых), по-видимому, родственны друг другу. Их объединяет в первую очередь то, что зеленые фотосинтезирующие пигменты — хлорофиллы у них замаскиро-

ваны другими — ксантофиллами, имеющими в зависимости от состава и концентрации золотисто-желтый и бурый цвета. Если клетки этих водорослей убить, ксантофиллы вымываются из них и мертвые хроматофоры зеленеют. Обратный процесс можно увидеть каждую осень в листопадном лесу: когда низкая температура разрушает хлорофиллы, листья дуба, клена, рябины, хвоя лиственниц превращаются в бурые, желтые, красные (становятся видны ксантофиллы и каротины, прежде замаскированные зеленым цветом).

## ОТДЕЛ ЗЛОТИСТЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

В этом отделе объединяются разнообразные водоросли: одноклеточные, колониальные и многоклеточные, пресноводные и морские, обрастающие дно и свободно плавающие в воде. Клетки у них могут быть разнообразной формы: бесформенные амебоидные, округлые со жгутиками, нитчатые. Но у всех у них зеленый цвет хлорофиллов скрывается желтыми ксантофиллами. Поэтому хроматофоры у них чаще всего красивого золотисто-желтого цвета. Синтезируется в них не крахмал, а сходный углевод — лейкозин.

У некоторых золотистых водорослей клетки имеют кремневый или известковый скелет. Размножаются они делением клеток, в половом процессе преобладает изогамия.

Золотистые водоросли играют довольно важную роль в жизни водоемов, ими питаются многочисленные мелкие животные. Однако они далеко не так заметны, как зеленые. Лишь при массовом размножении они вызывают желто-бурое «цветение» воды с неприятным запахом.

В наших пресных водоемах широко распространен динобрион — микроскопическая водоросль, образующая изящные колонии, как бы сложенные из миниатюрных колокольчиков. Эти колонии подвижны, работая жгутиками, они быстро плавают в воде. Однако из-за малых размеров они не могут противостоять течениям, поэтому их относят к планктону. Так называют сообщество растений и животных, которые плавают в толще воды и пассивно разносятся ее движением.

В морях и океанах, особенно теплых, широко распространены золотистые водоросли кокколитофориды (т. е. несущие округлые тельца — кокколиты). Кокколиты — известковые тельца разнообразной формы, которые образуются в цитоплазме, а затем выталкиваются на поверхность клетки (рис. 28). Это очень мелкие организмы (в среднем 30 мкм, сами кокколиты 0,25—30 мкм), поэтому исследуют их строение под электронным микроскопом. Полагают, что кокколиты работают как маленькие парашютики, не давая клетке тонуть. Однако кокколитофориды могут плавать и активно, действуя двумя своими жгутиками.

Несмотря на крошечные размеры, эти водоросли могут изменять лик Земли. Кокколиты из отмерших клеток падают на дно и образуют толщи осадков. Некоторые известняки, например всем известный пясчий мел, на 50—75% образованы кокколитами. В последнее время кокколитофоридам приписывается еще более важная роль. Вы знаете, что содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере возрастает, это приводит к парниковому эффекту — Земля по-

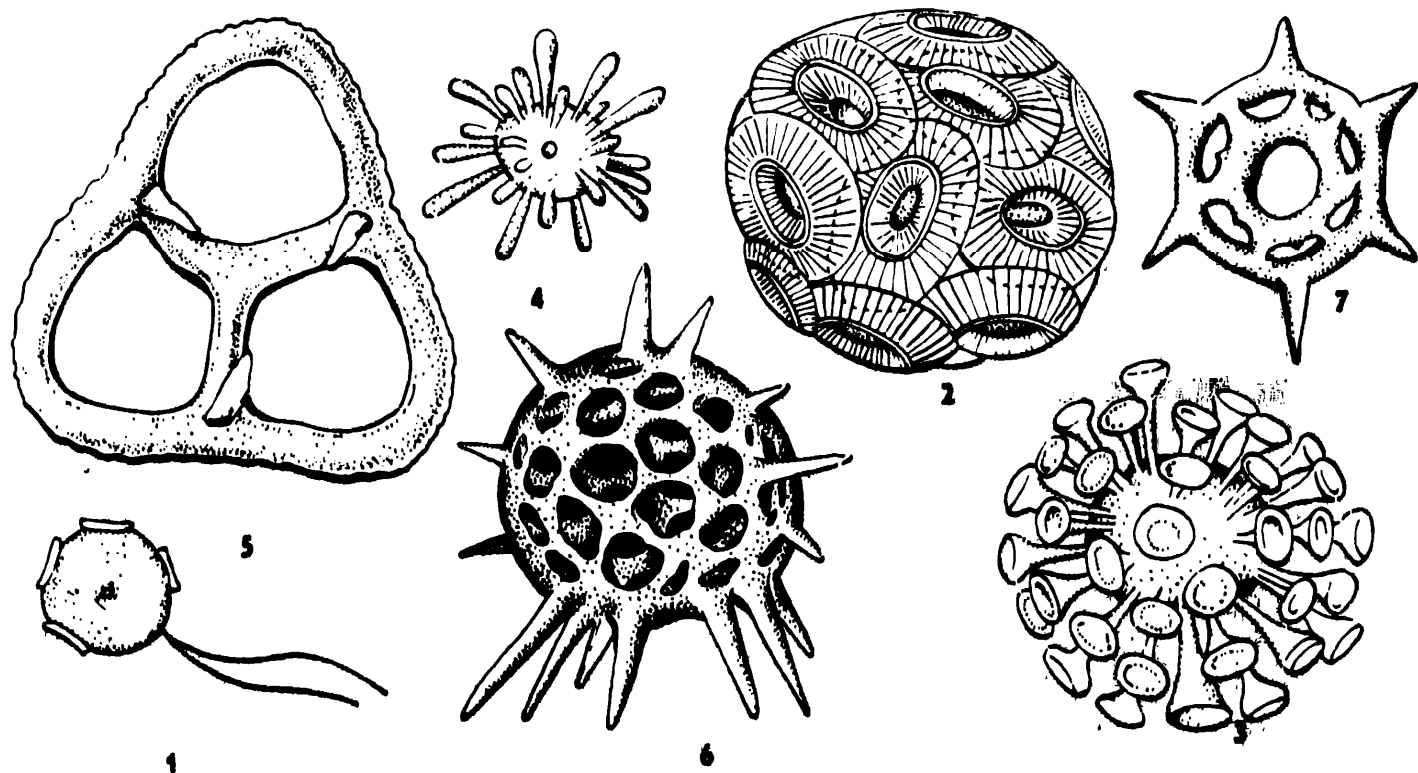


Рис. 28. Кокколитофориды (1—4) и силикофлагеллаты (5—7)

степенно перегревается. Леса, связывающие углекислый газ, по всей планете активно вырубаются. Аккумулятором  $\text{CO}_2$ , вызывающим парниковый эффект, служит океан. В нем непрерывно идет реакция:



Связывая углекислый газ для органики и  $\text{CaCO}_3$  для кокколитов, крошечные кокколитофориды как бы выкачивают  $\text{CO}_2$  из атмосферы, спасая планету от перегрева. Другие хорошо известные золотистые водоросли — кремнежгутиковые (силикофлагеллаты). У них имеется внутренний скелет, но не из  $\text{CaCO}_3$ , как у кокколитофорид, а из  $\text{SiO}_2$ . Скелет этот внутренний и слагается полыми трубчатыми перекладинами (см. рис. 28). Обитают они в морской воде.

Сейчас большинство исследователей считает, что предки золотистых водорослей дали начало двум другим отделам — бурым водорослям, завоевавшим дно прибрежий морей и океанов, и диатомовым — основным обитателям планктона как пресных, так и соленых вод.

## ОТДЕЛ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Зеленые и золотистые водоросли обитают и в морях, и в пресных водах, бурые же водоросли предпочитают моря. В озерах и реках известны лишь немногие их представители. В этой группе нет одноклеточных, все они образуют слоевища — от тонких нитей из одного ряда клеток до огромных (до 50 м!) полос и лент. Буро-желтый цвет слоевищ обусловлен пигментами-ксантофиллами, дополнительными к хлорофиллам.



Клетки бурых водорослей поверх целлюлозной оболочки покрыты так называемым *пектиновым слоем*. Он состоит в основном из альгиновой кислоты и ее солей. Главным образом из-за этого соединения бурые водоросли промышляют во всем мире, а кое-где и разводят в прибрежных частях морей.

Соли альгиновой кислоты — альгинаты — могут связывать на единицу объема 300 объемов воды, образуя вязкий раствор. Альгинаты требуются при производстве мороженого, фруктовых соков, консервов, пластмасс, лаков и красок, они нужны в текстильной промышленности, книгопечатании, медицине, парфюмерии и даже в литейном деле. Не менее важен и другой продукт, получаемый из бурых водорослей, — шестиатомный спирт маннит. Он нужен и при лечении диабета, и при выделке кож, бумаги, лаков, красок. Делают из него и сильную взрывчатку.

Но как бы широко ни использовал бурые водоросли человек, их роль в природе несравненно значительнее. Это — донные организмы, населяющие прибрежную часть моря. Можно сказать, что побережья всех морей и океанов на земле опоясаны сплошной лентой лесов и лугов из бурых водорослей. Не будь их, жизнь в море выглядела бы совсем иначе.

Размножаются бурые водоросли делением слоевища, образованием зооспор. Половой процесс у них представлен и изогамией, и гетерогамией, и (у высших форм) настоящей оогамией.

Общеизвестна крупная бурая водоросль ламинария (морская капуста). Ее слоевище достигает в длину нескольких метров, а у близкого вида из рода *Macrocystis*, растущего у южноамериканских берегов, — 60 м. Удивительно, что эта гигантская пластина вырастает за один летний сезон и отмирает осенью (рис. 29).

Эти гигантские водоросли прикрепляются к дну корневидными выростами. Однако это не настоящие корни, всасывающие воду и соли нужных элементов. Их называют корнеподобными — *ризоидами*. Они выполняют роль якорей. Вытаскивая многометровое слоевище из воды, порой поднимаешь с ним пудовый валун, крепко охваченный ризоидами. На слоевищах и особенно между ризоидами проживает несметное множество мелких животных: полипов, червей, моллюсков, ракообразных, так или иначе связанных с бурыми водорослями; для одних это источник питания, для других — убежище или место прикрепления. На этих подводных лугах нагуливаются многочисленные стаи рыб. Многие рыбы откладывают на слоевища морской капусты икринки. Так ведет себя, например, дальневосточная сельдь. Отмирающие каждый год слоевища потребляются иными беспозвоночными животными и образуют *детрит* — основную часть прибрежного ила.

Морская капуста съедобна и высоко ценится, особенно в странах Востока. В Японии, Корее, Китае ее разводят искусственно, расчищая прибрежные участки и засеивая их спорами или молодыми слоевищами. Большинство других бурых водорослей также съедобно. Они содержат иод и другие полезные вещества, поэтому сушеная морская капуста продается и в аптеках.

В морях, где выражены приливы и отливы, обнажающаяся при отливе полоса — *литораль* часто густо обрастает другими водорослями — *фуксами*. У нас они обильны в северных и дальневосточных морях. Южнее появляются *саргассы* (от исп. «саргассо» — мелкий виноград).

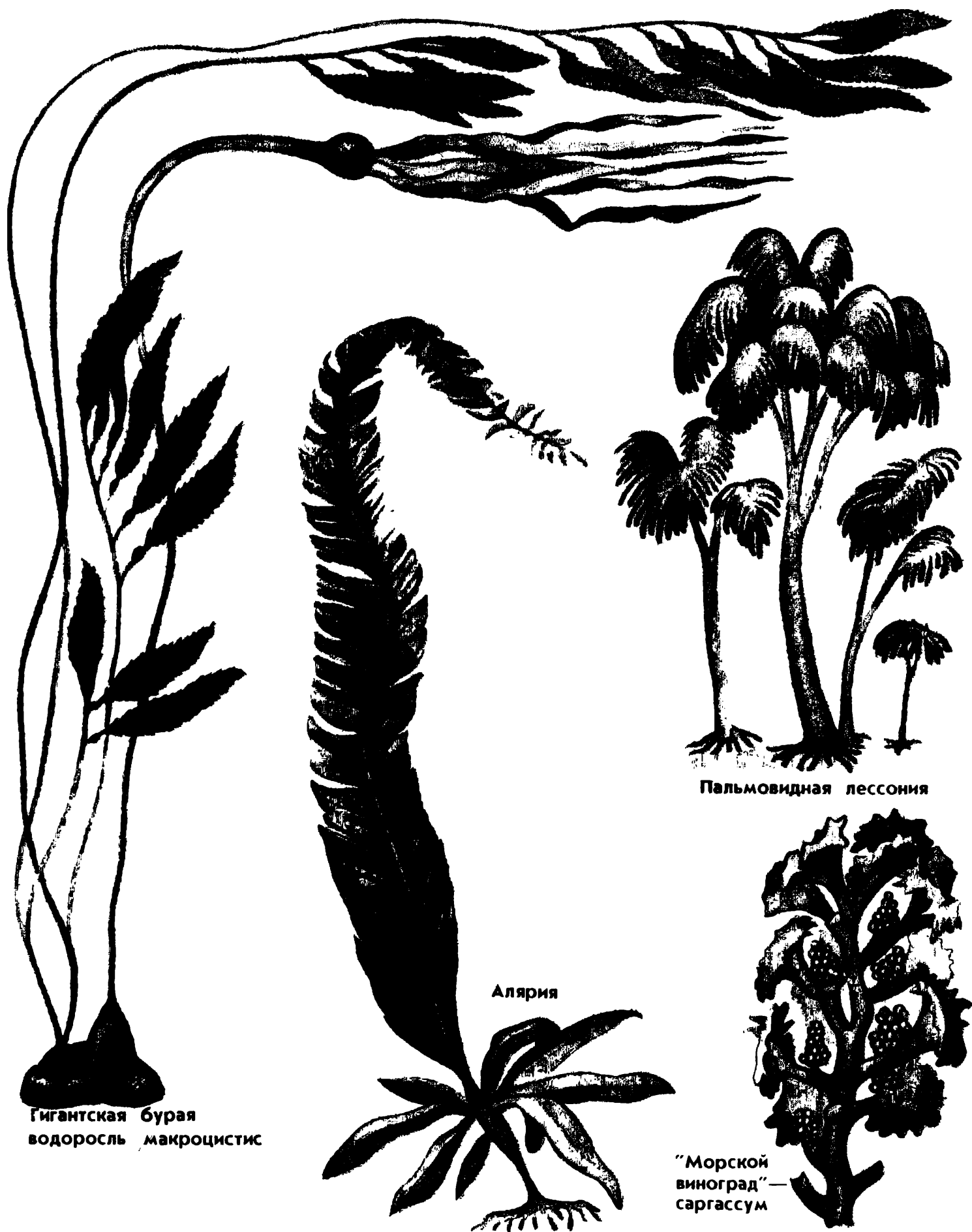


Рис. 29. Бурые водоросли

Почти все бурые водоросли растут будучи прикрепленными к морскому дну, камням, другим водорослям. Лишь саргассы одного из районов Атлантики, окруженного кольцевым течением, свободно плавают на поверхности, поддерживаемые мелкими ягодообразными поплавушками — пузырьками. По ним этот район и получил название Саргассово море. В нем на площади около 4,5 млн км<sup>2</sup> растет примерно 12—15 млн. т саргассов. В том же районе расположен «Бермудский треугольник». Однако саргассы не образуют скоплений, могущих затормозить ход судна, и «ответственности» за таинственные исчезновения кораблей в этом месте океана не несут.

Слоевница высших бурых водорослей порой настолько сложно устроены, что одно время в них видели предков наземных зеленых растений. Однако сейчас полагают, что предками наземной растительности были зеленые харовые водоросли, наиболее сходные по структуре нуклеиновых кислот.

## ОТДЕЛ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Представители диатомовых — одноклеточные образуют небольшие колонии, чаще всего они пассивно переносятся течениями и входят в состав планктона. Многие из них обитают и на дне, образуя пленчатые обрастания. Один из видов, в частности, покрывает желтой пленкой кожу китов. Но все-таки основной поставщик органики в морях да и в пресных водах — планктонные диатомовые.

Это небольшие организмы, размеры их клеток от 4 до 1000 мкм (одна гигантская диатомея из антарктических вод — до 2 тыс. мкм). Внешне диатомовые, или, как их еще называют, диатомеи, не походят на растения. Скорее, они выглядят как искусные ювелирные изделия или елочные игрушки (рис. 30). Их клетки покрыты твердым панцирем, состоящим из двух половинок (отсюда и название — диатомовые, двухполовинчатые). Нередко панцирь «украшен» причудливыми выростами, шипами, рогами, но в основе это коробочка, закрытая крышкой, круглая или вытянутой формы. Материал панциря — аморфная двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>), по составу к нему ближе всего полудрагоценный камень опал.

Естественно, возникает вопрос: как они осуществляют обмен с окружающей средой: ведь через кремнеземный панцирь не может идти ассимиляция и диссимиляция? Дело в том, что он не сплошной: стенки коробочки пронизаны порами, общая площадь которых составляет 10—75% всей ее поверхности. У продолговатых диатомей возникает щель, прорезающая стенку створки, — шов. Целлюлозной оболочки у диатомовых нет, и в области шва мембрана цитоплазмы непосредственно контактирует с водой. Пробегающие по мембране колебания позволяют клетке диатомеи активно двигаться в толще воды и по поверхности дна. Шов — это орган движения. Жгутиков у диатомовых нет.

Размножаются диатомеи делением, причем одна половина материнской клетки получает в наследство одну створку панциря, а другая — другую. Если в воде много питательных веществ, размножение идет быстро, и океан на многие мили становится желто-бурым. В благоприятных условиях диатомовые делятся до 8 раз в сутки. Такой быстрый темп размножения и спасает представителей этой группы от выедания животными.

Продукт фотосинтеза не крахмал, а масло — жидкое, с сильным запахом рыбьего жира. Вернее сказать, наоборот, — рыбий жир пахнет маслом

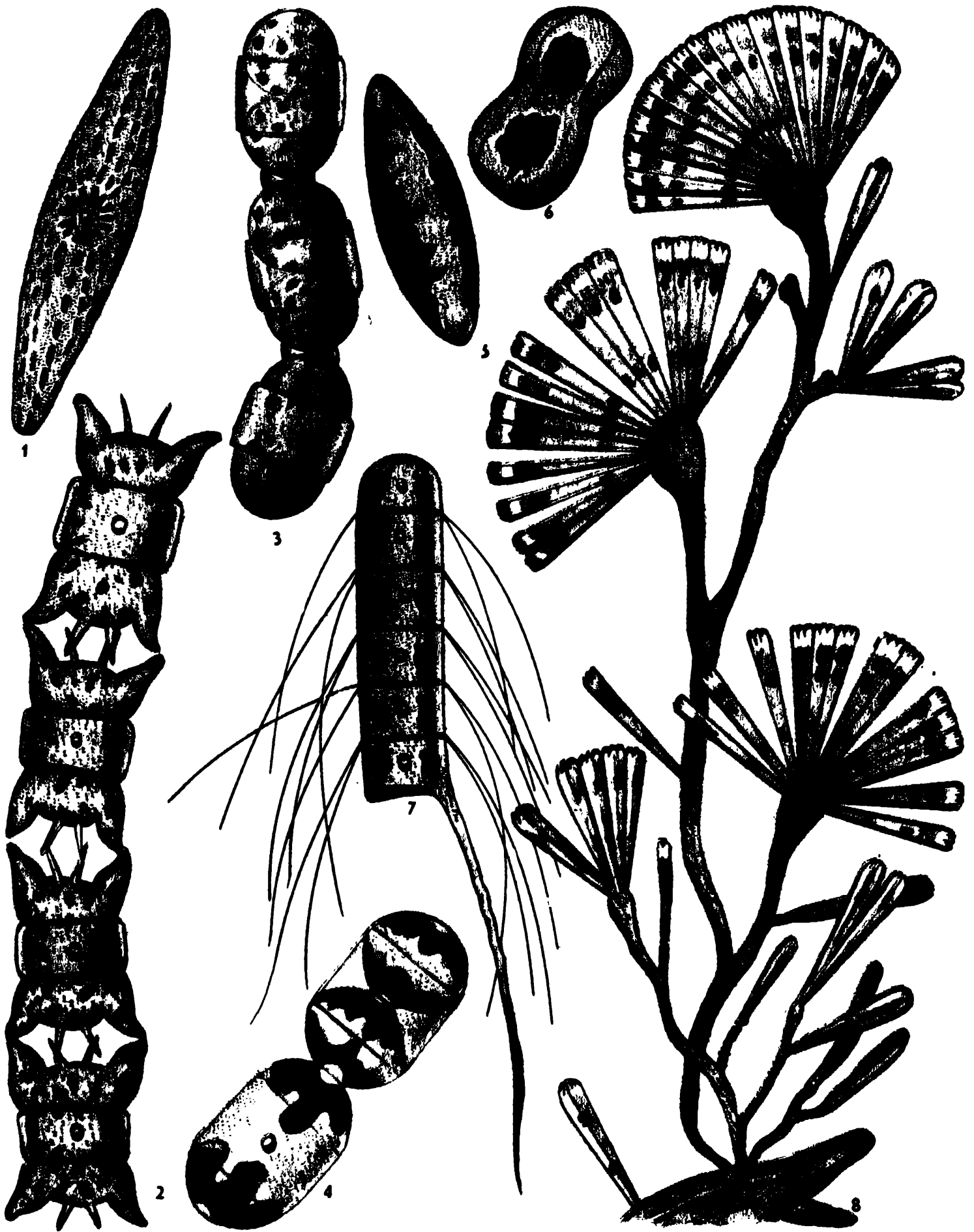


Рис. 30. Диатомовые водоросли:  
 одиночные (1, 5, 6) и колонии — нитчатые (2, 4, 7) и кустистые (8)

диатомовых. Эти водоросли находятся в основании пищевой цепи в открытых водах морей и океанов и в больших озерах. Мелкие ракообразные разгрызают их кремнеземные коробочки, как семечки. Более крупные животные, например мелкие рыбы вроде шпрот и сардин, глотают их целиком. Ими, в свою очередь, питаются крупные рыбы, китообразные, тюлени, морские птицы — и у всех этих животных жир обладает специфическим, не для всех приятным запахом. Так пахнут продукты окисления масла диатомовых. Оно богато жирорастворимыми витаминами; и рыбий и китовый жир раньше был чуть ли не единственным средством против рахита.

Быстрый темп деления создает диатомовым некоторые трудности. Как я уже писал, молодые, дочерние клетки выращивают себе новую створку панциря вместо недостающей. Но ведь одной клетке достается сама коробочка (*гипотека* — нижняя крышка), другой — крышка от нее (*эпитека* — верхняя крышка). Эпитека чуть больше гипотеки, ведь она находит на нее. А надстраивается всегда гипотека. Вот и получается, что те клетки, которым достались эпитеки, остаются прежних размеров. А у их половинок прежняя гипотека становится крышечкой, эпитекой, и новая клетка получается чуть-чуть меньше. Через несколько поколений в популяции уже наблюдаются клетки нормального для вида размера и значительно (почти в 3 раза) измельчавшие. Мелкие — это те, которым из поколения в поколение доставалась гипотека.

Равноправие в размерах восстанавливается в результате полового процесса. Большую часть жизни диатомеи проводят в диплофазе, у них два генетических аппарата. При неоднородности размеров в популяции или при похолодании воды осенью, нехватке света или биогенных элементов возникают гаплоидные гаметы. У диатомей описаны все три стадии их развития: изогамия, гетерогамия и оогамия. Сливаясь, гаметы образуют диплоидную растущую спору — *ауксоспору*, которая дорастает до нормальных размеров и строит себе новый панцирь. Цикл замыкается.

Диатомовые — основные кормильцы многих морских животных, им мы обязаны, когда едим сельдь, иваси, хамсу, треску. Кремневые панцири отмерших и съеденных диатомей опускаются на дно, образуя диатомовые илы. Такие илы встречаются на дне не только морей, но и крупных чистых озер вроде Байкала. Из них возникают легкие, рыхлые и пористые горные породы — диатомиты. Их используют в строительстве, в пищевой и химической промышленности (как фильтры). Раньше, пропитывая диатомит нитроглицерином, из него получали взрывчатку — динамит. Изучая панцири диатомей, найденные в горных осадочных породах, можно определить не только их возраст, но и условия осадконакопления.

## **ОТДЕЛ КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ**

Красные водоросли — самые совершенные по строению низшие водные растения. Эта большая (свыше 4 тыс. видов) группа, как и бурые водоросли, в основном обитает в морях. В пресные воды проникли лишь единичные представители. Красные водоросли, в отличие от диатомовых, донные растения, в планктоне не встречаются. Они проникают на большую

(до 200 м) глубину, довольствуясь теми остатками света, которые проходят сквозь толщу воды. Причина теневыносливости красных водорослей — их фотосинтезирующие пигменты. Кроме хлорофиллов, каротинов и ксантофиллов у них имеется красный фикоэритрин и синий фикоцианин. Окраска водорослей зависит от глубины их обитания. На мелководье они желто-зеленого или голубоватого цвета, глубже розовеют, потом краснеют. Самый интенсивный красный цвет имеют на глубине более 50 м. Но так они выглядят, будучи вытасканными на поверхность, на прямой солнечный свет. Водолазы на дне видят их черными: ведь красные лучи поглощаются первыми метрами воды. Фотосинтез красных водорослей идет в синих лучах, наиболее глубоко проникающих в воду.

В результате фотосинтеза у красных водорослей образуется не крахмал, а другой углевод, близкий к животному крахмалу — гликогену.

Вот еще любопытное свойство этой группы — у них никогда, даже на стадии спор или гамет, не бывает жгутиков. Их мужские половые клетки переползают, как амебы, а споры разносятся течениями.

Лишь самые низшие красные водоросли одноклеточны или образуют небольшие, окруженные слизью колонии. У большинства из них довольно крупные слоевища, пластинчатые, корковидные, нередко сложно разветвленные. Впрочем, они не бывают такими многометровыми гигантами, как бурые, хотя образуют на дне моря густые заросли.

У некоторых красных водорослей слоевища сильно пропитываются  $\text{CaCO}_3$ , отчего они становятся похожими на кораллы. Многие коралловые рифы в значительной мере образованы именно этими отмершими водорослями. В отличие от кораллов они идут далеко на север, образуя в Баренцевом и Белом морях в местах с сильным течением красно-розовые корки на каменистом дне.

Способы размножения красных водорослей разнообразны: деление слоевища, споры (без жгутиков). Половой процесс очень сложен. В основе его оогамия; неподвижные женские гаметы образуются в особым образом устроенных оогониях — *карпогонах*. Мужские гаметы разносятся пассивно водными течениями и проникают в карпогоны. Так возникает зигота, которая после сложного развития образует *карпоспоры*. Из них уже вырастает слоевище с двойным генетическим аппаратом — *спорофит*. В этой стадии, диплофазе, спорофит может существовать несколько поколений, но в конце концов на нем образуются гаплоидные споры, из которых вырастает гаплоидный *гаметофит*. Уже на нем образуются карпогеоны и мужские органы размножения. Запомните, что спорофит находится в диплофазе, у него двойной генетический аппарат и на нем образуются споры. Гаметофит находится в гаплофазе и продуцирует гаметы. Отсюда и названия — спорофит и гаметофит, т. е. «споровое» и «гаметное» растения (от греч. «фитон» — растение). Схожий цикл развития мы встречали у многоклеточных бурых водорослей. Он сохраняется и у высших растений. О чередовании поколений мы еще не раз будем говорить.

Красные водоросли играют важную роль в экономике моря, потому что синтезируют органическое вещество на таких глубинах, где бурые и зеленые водоросли расти уже не могут. Ими питаются многие морские животные. Для человека они также важный объект промысла (рис. 31).



Рис 31 Красные водоросли (из них добывают сульфатированные полисахариды — каррагены)  
Обратите внимание на виды 1 и 2 — это соответственно съедобная порфира и хондрус

В Японии, Китае, Корее, на островах Океании из них готовят салаты, приправы, супы и даже конфеты. В Японии их разводят, особенно водоросль порфиру. Но несравненно более важна роль красных водорослей в промышленности. Из них получают агар — смесь высокомолекулярных углеводов, нередко с присоединенными остатками серной кислоты. Уже 20 г агара на 1 л воды после остывания образуют плотный студень. Агар идет на изготовление мармелада, пастилы, незасахаривающегося варенья и нечерствеющего хлеба, его добавляют в мороженое и желе. Он же придает бумаге и тканям гляцевитость и блеск. Еще важнее роль агара в микробиологии: на его основе изготавливают твердые среды для выращивания отдельных колоний микроорганизмов. Не будь агара, работа микробиологов была бы куда более сложной. В последнее время открыли, что сульфатированные углеводы красных водорослей (каррагены) подавляют рост вируса, вызывающего страшную болезнь — СПИД. Добывают агар и каррагены из красной водоросли «исландский мох», растущей на дне северных морей. В наших дальневосточных морях запасы красных водорослей также очень велики и позволяют наладить промысел.

*Итак, мы рассмотрели основные отделы низших растений — водорослей. Нетрудно заметить, что предел сложности их организации — плоское или разветвленное слоевище. большей частью это двумерные организмы — полотнища, или пластины. Углекислый газ для фотосинтеза и минеральные соли они воспринимают всей поверхностью слоевища, так же улавливают свет. В воде они также, как правило, не испытывают недостатка.*

*Лишь выход каких-то зеленых водорослей в более сложную среду на сушу как бы подстегнул и ускорил их дальнейшую эволюцию. Так возникли наземные растения: мхи, хвощи, плауны, папоротники, голосеменные и, наконец, цветковые. У них уже возникают органы, выполняющие определенные функции: в первую очередь листья («антенны» для улавливания световой энергии и органы ассимиляции углекислого газа), корни (для всасывания воды и минеральных солей) и соединяющий их в единое целое стебель.*

## **ГЛАВА 5. РАСТЕНИЯ БЕЗ ЦВЕТКОВ**

Высшие растения. Основные органы высших растений: Отделы высших растений: мхи, плауны, хвощи, папоротники. Голосеменные — отдел семенных растений

### **Высшие растения**

Известный фантаст Рэй Брэдбери сравнил полет Юрия Гагарина с выходом древних предков рыб на сушу. Но справедливо и обратное утверждение: по трудности и историческому значению выход рыб на сушу вполне сопоставим с прорывом в космос. То же можно сказать и о выходе на сушу первых высших растений. Ведь их предки — водоросли жили и до сих пор живут в «тепличных» условиях: в воде нет недостатка, необходимые элементы они усваивают вместе с водой всей поверхностью слоевища, закон Архимеда позволяет им пренебречь силой тяготения и не создавать никаких механически прочных конструкций.